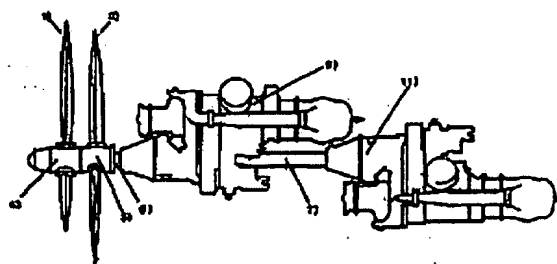


## Aircraft propeller noise reduction system - uses cancellation effect of sound waves produced by 2 coaxial propellers

**Patent number:** CH677844  
**Publication date:** 1991-06-28  
**Inventor:** EICHENBERGER WERNER  
**Applicant:** WERNER EICHENBERGER  
**Classification:**  
- **International:** B64C27/04; B64D27/04; G10K11/16  
- **European:** B64C11/00, B64C11/50, G10K11/178E  
**Application number:** CH19890000049 19890106  
**Priority number(s):** CH19890000049 19890106

### Abstract of CH677844

The noise reduction system uses a second propeller (3) adjacent the main drive propeller (1) operated so that the sound waves emitted by the two propellers cancel each other out over at least part of the frequency spectrum. Pref. the noise frequency spectrum of the main drive propeller (1) is measured using a sensor coupled to a synchronisation device for the second propeller (3) which generates an approximately identical noise spectrum. The noise cancellation effect is obtained by the relative angular offset of the two propellers (1, 3). Pref. both propellers (1, 3) are positioned coaxially and are rotated at the same rate. USE - For reducing noise produced by propeller aircraft or helicopter.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

CH 677 844 A5

①9



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

①1 CH 677 844 A5

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>: G 10 K 11/16  
B 64 D 27/04  
B 64 C 27/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## ①2 PATENTSCHRIFT A5

②1 Gesuchsnummer: 49/89

②2 Anmeldungsdatum: 06.01.1989

②4 Patent erteilt: 28.06.1991

④5 Patentschrift  
veröffentlicht: 28.06.1991

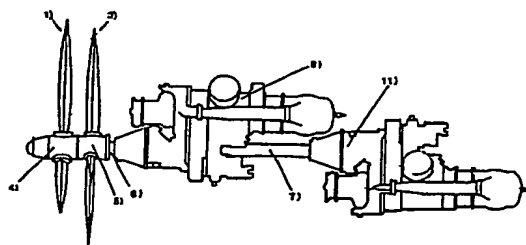
⑦3 Inhaber:  
Werner Eichenberger, Urdorf

⑦2 Erfinder:  
Eichenberger, Werner, Urdorf

⑦4 Vertreter:  
Dr. Troesch AG Patentanwaltsbüro, Zürich

## ⑤4 Verfahren zur Lärmverminderung an einer Propelleranordnung.

⑤7 Um an einer Propelleranordnung (1) die Lärmemission zu vermindern, wird eine zweite Propelleranordnung (3) im Bereich der ersten Anordnung so angeordnet und betrieben, dass sich Schallwellen der beiden Anordnungen mindestens in Teilen ihres Frequenzspektrums gegenseitig auslöschen. Dies kann einerseits dadurch geschehen, dass das jeweilige Lärmfrequenzspektrum der einen Propelleranordnung (1) mittels eines Sensors gemessen und ermittelt wird und über eine damit verbundene Synchronisationsanordnung die zweite Propelleranordnung derart gesteuert betrieben wird, dass das von dieser erzeugte Lärmfrequenzspektrum ein gegenseitiges Auslöschen der emittierten Schallwellen beider Frequenzspektren wenigstens in Teilen bewirkt. Das Vermindern des Lärmes ist aber auch dadurch möglich, dass die beiden Propelleranordnungen (1, 3) bei einer bestimmten Drehzahl der beiden Anordnungen derart zueinander betrieben werden, dass die Gesamtlärmemission minimal ist.



## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lärmverminderung an einer Propelleranordnung, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Lärmverminderung an einer Propelleranordnung, eine Anwendung des Verfahrens sowie ein ein- oder mehrmotoriges Flugzeug und einen Helikopter mit einer solchen Vorrichtung.

Das starke Aufkommen von Kurzstreckenflügen und von Geschäftsflugreiseverkehr hat dazu geführt, dass vermehrt und speziell in diesem Sektor neuentwickelte Propellerflugzeuge zum Einsatz kommen.

Nebst anderen Faktoren, wie beispielsweise Wirtschaftlichkeit, ist dabei die geringere Lärmemission und Wirtschaftlichkeit von Propellerflugzeugen gegenüber von Jets ein wesentlicher Grund für diesen vermehrten Einsatz.

Kurzstreckenflüge und Geschäftsflüge erfolgen aber vermehrt direkt von und zu Geschäftszentren und wickeln sich vermehrt auch in sogenannten Erholungsgebieten ab, wie beispielsweise in Regionen wie Innsbruck, dem Engadin (Samedan), Lugano usw. Dies führt wiederum dazu, dass die Anforderungen an Lärmemissionen weit höher gesteckt werden, als dies beispielsweise bei internationalen Flughäfen der Fall ist. Zu erwähnen ist natürlich auch der Sportflugverkehr, welcher ja steigende Beliebtheit erfährt.

Damit werden auch bei Propellerflugzeugen erhöhte Anforderungen an Verringerung der Lärmemission gestellt.

Zum Beispiel durch die Anzahl der angeordneten Propellerblätter, die Verwendung neuartiger Materialien, wie faserverstärkte Kunststoffe, zur Herstellung der Propellerblätter, sind Möglichkeiten zur Lärmverminderung aufgezeigt. Diese Lärmverminderung ist aber marginal, und vor allem beim Starten und Landen der Propellerflugzeuge sind die Lärmemissionen nach wie vor zu hoch.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Propelleranordnung resp. ein Verfahren zu ihrem Betrieb zu schaffen, wodurch wesentlich verringerte Lärmemissionen verursacht werden. Erfindungsgemäss wird dies durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

Es wird dabei vorgeschlagen, im Bereich einer Propelleranordnung eine zweite Propelleranordnung so anzuordnen und zu betreiben, dass sich Schallwellen der beiden Anordnungen mindestens in Teilen ihres Frequenzspektrums gegenseitig auslöschen.

Das Lärmfrequenzspektrum der einen Propelleranordnung kann mittels eines Sensors ermittelt und die zweite Propelleranordnung über eine mit dem Sensor verbundene Synchronisationsanordnung derart gesteuert betrieben werden, dass das von dieser zweiten Propelleranordnung erzeugte Lärmfrequenzspektrum ein gegenseitiges Auslöschen der emittierten Schallwellen beider Frequenzspektren wenigstens in Teilen bewirkt.

Die beiden erzeugten Lärmfrequenzspektren der beiden Anordnungen sind dabei bevorzugt identisch, und die gegenseitige Position der beiden Pro-

pelleranordnungen ist derart gewählt, dass mindestens ein Teil der emittierten Schallwellen gleicher Frequenz phasenverschoben um 180° aufeinander trifft und sich gegenseitig auslöscht.

Die Synchronisationsanordnung umfasst erfindungsgemäss eine empirisch ermittelte Charakteristik für die Steuerung der zweiten Propelleranordnung, welche dergestalt ist, dass bei einem durch den Sensor ermittelten Lärmfrequenzspektrum der einen Anordnung die Drehzahl und die relative Position der zweiten Anordnung ermittelt wird, bei welchen mindestens teilweise die Schallwellen gleicher Frequenz der beiden Anordnungen um 180° phasenverschoben aufeinandertreffen und sich gegenseitig auslöschen.

Bevorzugt wird vorgeschlagen, dass die beiden Propelleranordnungen koaxial hintereinander angeordnet betrieben werden.

Es wird dabei vorgeschlagen, dass die beiden koaxial angeordneten Propelleranordnungen in derselben Drehrichtung und mit im wesentlichen gleicher Drehzahl betrieben werden, wobei die beiden Anordnungen in Umfangsrichtung, projiziert auf eine Normalebene zur Drehachse, relativ zueinander beweglich gelagert sind, wodurch sie in Betrieb derart mit verschiedenen Verdrehwinkeln zueinander betreibbar sind, dass sich der emittierte Lärm der beiden Anordnungen mindestens teilweise auslöscht.

Weiter wird vorgeschlagen, dass bei gegebener Drehzahl der beiden Propelleranordnungen diese um einen vorbestimmten Winkel winkelverdrehbar zueinander betrieben werden. In diesem Fall wird der Winkel aufgrund einer drehzahlabhängigen empirisch ermittelten Charakteristik derart vorbestimmt, dass die Gesamtlärmemission der beiden Propelleranordnungen bei der gegebenen Drehzahl wenigstens nahezu minimal ist. In diesem Fall kann auf das Anordnen eines Sensors zur Ermittlung des Lärmfrequenzspektrums verzichtet werden, da ja der entsprechend der Drehzahl ermittelte Verdrehwinkel beispielsweise in der Synchronisationsanordnung bereits abgespeichert ist.

Weiter wird vorgeschlagen, dass jede Propelleranordnung von je einem Antriebsmotor angetrieben wird, oder von einem Antriebsmotor über je einer Propellernabe auf zwei getrennte Propeller, wobei die Propeller gegeneinander verdreht angeordnet sind.

In einer weiteren erfindungsgemässen Ausführungsvariante des Verfahrens wird vorgeschlagen, dass die beiden Propelleranordnungen in einem einzigen Propeller koaxial in einer Ebene liegend betrieben werden.

Weiter wird erfindungsgemäss vorgeschlagen, dass die beiden Propelleranordnungen gegenläufig zueinander betrieben werden.

Weiter wird eine Vorrichtung zur Lärmverminderung an einer Propelleranordnung vorgeschlagen, welche eine zweite Propelleranordnung im Bereich der einen umfasst, deren in Betrieb emittierten Schallwellen derart auf diejenigen der einen Anordnung treffen, dass sie sich wenigstens in Teilen ihres Frequenzspektrums gegenseitig auslöschen.

Weiter wird vorgeschlagen, dass die Propellerblätter der Anordnungen mindestens teilweise um ihre Längsachse drehbar gelagert sind.

Bevorzugt weisen die Propellerblätter im wesentlichen gleiche Schwingungscharakteristiken auf.

Weiter sind die beiden Propelleranordnungen im wesentlichen identisch ausgestaltet, d.h. sie umfassen die gleiche Anzahl Propellerblätter, und die einzelnen Propellerblätter entsprechen sich in Dimension und Konstruktion.

Vorgeschlagen wird auch, dass die beiden Propelleranordnungen nebeneinander angeordnet sind.

Die erfindungsgemässen Verfahren eignen sich insbesondere zur Anwendung bei ein- oder mehrmotorigen Flugzeugen. Die Anwendung der erfindungsgemässen Verfahren ist aber auch bei Helikoptern möglich sowie weiter ganz allgemein bei durch Propeller getriebenen Fahrzeugen, wo die Lärmemissionen reduziert werden müssen. Denkbar sind auch stationäre Propelleranordnungen, wie z.B. Ventilatoren usw., deren Lärmemissionen zu reduzieren sind.

Analog sind die erfindungsgemäss beschriebenen Vorrichtungen bei ein- oder mehrmotorigen Flugzeugen, Helikoptern usw. geeignet.

Die Erfindung wird nun anschliessend anhand der beispielsweise Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens an einem Flugzeugtriebwerk unter Bezug auf Figuren beschrieben.

Dabei zeigen:

Fig. 1 in Längsansicht eine erfindungsgemässe Anordnung zweier Propeller mit je einem Antriebsmotor,

Fig. 2 die Propelleranordnung von Fig. 1 von vorne gesehen,

Fig. 3 und 4 schematisch dargestellt die Steuerung der gegenseitigen Position der beiden Propeller von Fig. 1,

Fig. 5 eine weitere Ausführungsart einer erfindungsgemässen Propelleranordnung in Seitenansicht,

Fig. 6 die Anordnung von Fig. 5 von vorne gesehen,

Fig. 7 die heckseitige Anordnung einer erfindungsgemässen Propelleranführungsart in einem ein- resp. zweimotorigen Flugzeug und

Fig. 8 schematisch dargestellt eine Steueranordnung für das erfindungsgemässe Einstellen der gegenseitigen Stellung von zwei Propellern.

Die Fig. 1 und 2 zeigen eine erfindungsgemässe Anordnung in Längsansicht von zwei Propellern, beispielsweise eines Triebwerkes von einem Propellerflugzeug, resp. von vorn gesehen.

Die beiden identisch ausgebildeten Propeller 1 und 3 sind coaxial hintereinander angeordnet. Über eine äussere Hohltriebsschwelle 6 ist der Propeller 3 mit einem Antriebsmotor 9 verbunden und der Propeller 1 über eine innere Antriebschwelle 7 mit dem Antriebsmotor 11.

Die innere Welle 7 ragt durch das Getriebe des Motors 9 hindurch und die beiden Wellen 6 und 7 sind gegeneinander frei drehbar, somit auch die beiden Propeller 1 und 3.

Fig. 2 zeigt dieselbe Propelleranordnung von vorn, wobei nun deutlich zu erkennen ist, dass es sich bei den beiden Propellern 1 und 3 um zwei identische Dreiblattpropeller handelt, welche auf den Naben 4 und 5 coaxial angeordnet sind.

In Betrieb werden die beiden Propeller 1 und 3 durch die beiden Antriebsmotoren 9 und 11 derart betrieben, dass sie mit gleicher Drehzahl rotieren; jedoch, wie aus Fig. 2 ersichtlich, gegeneinander winkelvehrt um den Winkel  $\alpha$ . Der von den beiden Propellern 1 und 3, d.h. von je entsprechenden Propellerblättern in Projektion auf eine Normalebene zur Drehachse eingeschlossene Winkel  $\alpha$  richtet sich nach dem Lärmfrequenzspektrum der beiden Propeller.

In Fig. 3 und 4 ist schematisch dargestellt, wie die gegenseitige Betriebsposition der beiden Propeller 1 und 3 festgelegt wird. In Betrieb ermittelt ein Sensor 21, welcher unmittelbar beim Propeller 1, neben den Propellern, unterhalb, oberhalb oder hinter den Propellern, wie beispielsweise in Fig. 7 gezeigt, angeordnet ist, das vom Propeller 1 erzeugte Lärmfrequenzspektrum. Das gemessene Lärmfrequenzspektrum wird an eine Synchronisationsvorrichtung 22 übermittelt, in welche ebenfalls die Drehzahl des Antriebsmotors 11 eingegeben wird, welcher über die Welle 7 den Propeller 1 antreibt. Weiter eingegeben wird zudem die Stellung der Propellerblätter 1, welche, durch eine Steuereinheit 24 gesteuert, um ihre Längsachse drehbar sind, um beispielsweise je nach Leistungs- und Drehzahlverhältnissen den Motor 9 oder 11 zu drosseln, oder zu beschleunigen.

In der Synchronisationsvorrichtung 22 gespeichert ist eine empirisch ermittelte Charakteristik, durch welche nun aufgrund der Eingabedaten und Messresultaten der Sensoren die relative Stellung von Propeller 3 zu Propeller 1 ermittelt wird. Durch die Synchronisationsvorrichtung 22 wird zum einen der Motor 9 über die Drehzahlregulatoren 23 und 24 derart gesteuert, dass er synchron zu Motor 11 läuft, d.h. dass der Propeller 3 mit gleicher Tourenzahl wie Propeller 1 läuft. Zum andern wird über die weitere Steuereinheit 25 aufgrund des mittels der Charakteristik ermittelten Verdrehwinkels  $\alpha$  die Propellerstellung am Motor 9 über die Drehzahlregler 23 und 24 derart gesteuert, dass die beiden Propeller um den Winkel  $\alpha$  verdreht zueinander laufen. Letztendlich kann auch bei Propeller 3 die Stellung der Propellerblätter in bezug auf ihre Längsachse durch die Steuereinheit 22 und 23 beeinflusst werden, damit das nun von Propeller 3 erzeugte Lärmfrequenzspektrum demjenigen des Propellers 1 entspricht. Der Winkel  $\alpha$  ist so gewählt, dass ein möglichst grosser Teil der aufeinandertreffenden emittierten Schallwellen sich gegenseitig auslöschen, indem sie um  $180^\circ$  phasenverschoben aufeinandertreffen.

Damit wird aus dem oben geschilderten Betriebsablauf deutlich, dass der Ermittlung der Charakteristik der Synchronisationsvorrichtung 22 zentrale Bedeutung zukommt. Diese Charakteristik, mittels welcher innerhalb kürzester Zeit die Stellung des Propellers 3 resp. die Änderung der Stellung bewirkt werden soll, muss als Rechenprogramm in der Vorrichtung 22 abgespeichert sein.

Die Ermittlung der Charakteristik erfolgt für jeden Propellertyp und für jede Propelleranordnung empirisch. Dabei werden durch den Propeller 1 eine Vielzahl von Lärmfrequenzspektren erzeugt, indem er mit verschiedener Drehzahl und mit verschiedenen Propellerblattstellungen betrieben wird. Zu jedem einzelnen Lärmfrequenzspektrum wird die relative Stellung des Propellers 3, welcher mit gleicher Drehzahl wie Propeller 1 rotiert, zu Propeller 1 variiert, bis der von den beiden Propellern erzeugte Gesamtlärm ein Minimum durchläuft. Da Lärm ja bekanntlich frequenzabhängig als störend empfunden wird, ist dabei zu achten, dass sich vor allem Lärmfrequenzen gegenseitig auslöschen, welche vom menschlichen Ohr als besonders störend resp. schmerzhaft empfunden werden. Die Summe aller ermittelten Stellungen von Propeller 3 in bezug auf Propeller 1 ergibt dann die Charakteristik.

Die in den Fig. 1 bis 4 gewählte Anordnung von zwei Motoren, z.B. für ein Flugzeugtriebwerk, ist nicht zwingend. Es ist durchaus möglich, die Propeller 1 und 3 auch mit einem Antrieb zu betreiben, da sie ja, wie oben geschildert, mit derselben Drehzahl laufen. Die gegenseitige Stellung der beiden Propeller 1 und 3 kann dabei weiterhin durch die beiden Steuereinheiten 23 und 24 erfolgen.

Die Anordnung von zwei Antriebsmotoren ist vor allem dann sinnvoll, wenn z.B. bei einem «einmotorigen Flugzeug» man die Sicherheit von zwei Motoren gewährleisten will. Zum einen ist das Flugzeug beim Ausfall eines Motors weiterhin voll flugtauglich, ohne irgendwelche Nachteile, wie sie sich z.B. beim Ausfall eines Motors bei sogenannten zweimotorigen Flugzeugen ergeben, deren Motoren sich meistens auf den Flügeln befinden und dadurch sich bei Ausfall eines Motors ein schräger Zug der Kräfte einstellt was zu grossen Luftwiderständen führt. Zum andern kann ja der zweite Motor während des Reisefluges ausgeschaltet werden, da ja in grosser Flughöhe oft für ein rationelles Fliegen weniger als 50% der Leistung genügt. In diesem Fall kann der zweite Propeller entweder in die widerstandsärmste Segelstellung gebracht werden oder auch durch den ersten Antriebsmotor angetrieben werden. Für Start und Landung aber, wo einerseits erhöhte Leistung und Sicherheit gefordert wird und andererseits die Lärmreduktion wesentlich ist, wird der zweite Motor eingeschaltet und der zweite Propeller betrieben, um erfindungsgemäss den Lärm auf ein Minimum zu reduzieren. Durch alternativen Gebrauch der beiden Antriebsmotoren für den Reiseflug können die Laufstunden der Triebwerke zu den Flugstunden vergrössert werden, ohne Beeinflussung der Sicherheit.

In den Fig. 5 und 6 ist eine weitere erfindungsgemässe Anordnung von Propellern dargestellt, indem die beiden Propeller koaxial und in derselben Ebene liegend angeordnet sind. Die Anordnung umfasst dabei den ersten Propeller 31 und den zweiten Propeller 33, welche um den Winkel  $\beta$  zueinander verdreht angeordnet sind. Die Stellung des Propellers 33 relativ zum Propeller 31 ist dabei variierbar, womit Winkel  $\beta$  variabel ist.

In Betrieb wird die gegenseitige Stellung der beiden Propeller 31 und 33 analog wie bei der vorab be-

schriebenen Anordnung zweier hintereinander angeordneter Propeller derart gewählt, dass der erzeugte Gesamtlärm minimal ist. Wiederum wird das Lärmfrequenzspektrum durch einen Sensor ermittelt, und eine Steuereinheit steuert die relative Stellung des Propellers 33 in bezug auf den Propeller 31.

Fig. 7 zeigt die Seitenansicht der heckseitigen Anordnung einer erfindungsgemässen Propelleranführungsart in einem ein- resp. zweimotorigen Sport- resp. Geschäftsflugzeug. Das dargestellte Flugzeug umfasst ein Triebwerk mit den Propellern 1 und 3, welche analog den Fig. 1 bis 4 über zwei Motoren angetrieben werden.

Am Heckleitwerk angebracht ist der Sensor 21, zum Ermitteln der emittierten Lärmfrequenzen, aufgrund derer die gegenseitige Stellung der beiden Propeller 1 und 3 analog der Darstellung in Fig. 3 und 4 bestimmt wird.

Bei verschiedenen Flugzeugen müssen die Flugmotoren lediglich bei drei Leistungskonfigurationen arbeiten. Diese Bereiche sind zum Beispiel

Volleistung im Steigflug  
90% im Reisesteigflug und  
75% im Reiseflug

Dadurch erübrigt sich bei diesen Flugzeugen eine Anpassung des Propellerwinkels zwischen den Propellern über den gesamten Drehzahlbereich. Die Anpassung ist genügend, wenn der Winkel zwischen den beiden Propellern auf diese drei Leistungen und den dazugehörigen Drehzahlen angepasst wird. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass bei diesem Anwendungsgebiet auf eine aufwendige Steuerung verzichtet werden kann. Notwendig ist lediglich, dass die beiden Propeller auf Volleistung, reduzierter Leistung und Reiseflug den am wenigsten lärm erzeugenden Winkel zueinander aufweisen. Das heisst, dass die Winkel zueinander je nach Drehzahl fest zugeteilt sind und über eine Synchronisierungsvorrichtung zur gegebenen Drehzahl festgehalten werden. Dieser Winkel muss am betreffenden Flugzeug, resp. an dem oder den Motoren durch Versuche ermittelt werden.

Fig. 8 zeigt eine Anordnung die auf einfachste Art ermöglicht, diese geforderten Winkelstellungen zu den gewählten Drehzahlen zu realisieren. Am Drehzahlregler 24 stellt der Pilot über einen Leistungshebel die gewünschte Drehzahl des Propellers 1 ein. Am Motor 9 resp. Propeller 3 wird die Drehzahl mit dem Drehzahlregler 23, der mit dem Drehzahlregler 24 verbunden ist, betätigt. In den Drehzahlreglern integriert ist eine Synchronisierungsvorrichtung. Diese Synchronisierungsvorrichtung überwacht den Gleichlauf der Motoren resp. der Propeller und den drehzahlabhängigen Propellerwinkel der beiden Propeller zueinander. Diese Synchronisierungsvorrichtung kann mit dem Steuermotor 25 über ein Gestänge die Drehzahl des Motors 9 resp. Propellers 3 und den Drehzahlregler 23 beeinflussen. Damit wird auch die Propellerstellung 1 zur Propellerstellung 2 beeinflusst. Wird zum Beispiel der Winkel zwischen den beiden Propellern zu gross oder zu klein, reguliert die Synchronisierungsvorrichtung die Drehzahl am Propel-

ler 3 durch eine Verringerung oder Vergrößerung der Drehzahl am Propeller 3 resp. Motor 9, bis die beiden Propellerwinkel wieder exakt auf die für die betreffende Drehzahl festgelegten Werte übereinstimmen.

Die zu den Drehzahlen festgelegten Winkelabstände der Propeller werden über die Synchronisierungsvorrichtung eingestellt.

Die in den Fig. 1 bis 8 gezeigten erfindungsgemäßen Anordnungen zeigen nur einige Beispiele, wie der Lärm beispielsweise bei Flugzeugtriebwerken von Propellerflugzeugen reduziert werden kann. Selbstverständlich sind weitere Anordnungsmöglichkeiten, wie beispielsweise das Anordnen nebeneinander, usw., möglich, wesentlich dabei ist, dass die Steuerung eines Propellers in bezug auf einen anderen lärmfrequenzabhängig erfolgen muss.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Lärmverminderung an einer Propelleranordnung (1), dadurch gekennzeichnet, dass man eine zweite Propelleranordnung (3) im Bereich der einen Anordnung so anordnet und betreibt, dass Schallwellen, welche durch die eine Propelleranordnung erzeugt werden durch die Schallwellen der zweiten Propelleranordnung wenigstens in Teilen frequenzmässig ausgelöscht werden, resp. dass sich die Schallwellen der beiden Anordnungen mindestens in Teilen ihres Frequenzspektrums gegenseitig auslöschen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man in Betrieb das jeweilige Lärmfrequenzspektrum der einen Propelleranordnung (1) mittels eines Sensors (21) ermittelt und über eine damit verbundene Synchronisationsanordnung (22) die zweite Propelleranordnung (3) derart gesteuert betreibt, dass das von dieser erzeugte Lärmfrequenzspektrum ein gegenseitiges Auslöschen der emittierten Schallwellen beider Frequenzspektren wenigstens in Teilen bewirkt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden erzeugten Lärmfrequenzspektren nahezu identisch sind und dass die gegenseitige Position der beiden Propelleranordnungen (1, 3) derart ist, dass mindestens ein Teil der emittierten Schallwellen gleicher Frequenz phasenverschoben um 180° aufeinandertreffen und sich gegenseitig auslöschen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisationsanordnung (22) eine empirisch ermittelte Charakteristik für die Steuerung der zweiten Propelleranordnung (3) umfasst, welche dergestalt ist, dass bei einem durch den Sensor (21) ermittelten Lärmfrequenzspektrum mit den entsprechenden Schallwellenlängen der einen Anordnung (1) die Drehzahl und die relative Position der zweiten Anordnung (3) ermittelt wird, bei welchen mindestens teilweise die Schallwellen gleicher Frequenz der beiden Anordnungen (1, 3) um 180° phasenverschoben aufeinandertreffen und sich gegenseitig auslöschen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Propelleranord-

nungen (1, 3) koaxial hintereinander angeordnet betrieben werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass man die zweite Propelleranordnung (3) um dieselbe Drehachse, in derselben Drehrichtung und mit im wesentlichen gleicher Drehzahl wie die eine Propelleranordnung (1) betreibt, wobei die beiden Anordnungen in Umfangsrichtung, projiziert auf eine Normalebene zur Drehachse, relativ zueinander beweglich gelagert sind, wodurch sie in Betrieb derart winkelverdreht zueinander variierbar betreibbar sind, dass sich der emittierte Lärm der beiden Anordnungen (1, 3) mindestens teilweise aufhebt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei gegebener Drehzahl der beiden Propelleranordnungen (1, 3) diese um einen vorbestimmten Winkel ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) winkelverdreht zueinander betrieben werden, wobei der Winkel ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) aufgrund einer Drehzahl abhängigen empirisch ermittelten Lärmemissions-Charakteristik derart vorbestimmt ist, dass die Gesamtlärmemission der beiden Propelleranordnungen bei der gegebenen Drehzahl im Bereich der minimalen Lärmemissions-Charakteristik liegt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass jede Anordnung (1, 3) von je einem Antriebsmotor (9, 11) angetrieben wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Propelleranordnungen (31, 33) in einem einzigen Propeller koaxial in einer Ebene liegend betrieben werden.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-9, zur Lärmverminderung an einer Propelleranordnung (1), dadurch gekennzeichnet, dass sie eine zweite Propelleranordnung (3) im Bereich der einen umfasst, deren in Betrieb emittierten Schallwellen derart auf diejenigen der einen Anordnung (1) treffen, dass sie sich wenigstens in Teilen ihres Frequenzspektrums gegenseitig auslöschen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass Propellerblätter der beiden Anordnungen (1, 3) mindestens teilweise um ihre Längsachse drehbar gelagert sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Propellerblätter im wesentlichen gleiche Schwingungscharakteristiken aufweisen.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Anordnungen (1, 3) im wesentlichen identisch ausgestaltet sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Propelleranordnungen nebeneinander tandemartig angeordnet sind.

15. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-9, für ein ein- oder mehrmotoriges Flugzeug.

16. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-9, für einen Helikopter.

17. Anwendung des Verfahrens nach einem der

Ansprüche 1–9, zur Erhöhung der Betriebssicherheit einer Propelleranordnung.

18. Ein- oder mehrmotoriges Flugzeug mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10–14.

19. Helikopter mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10–14. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

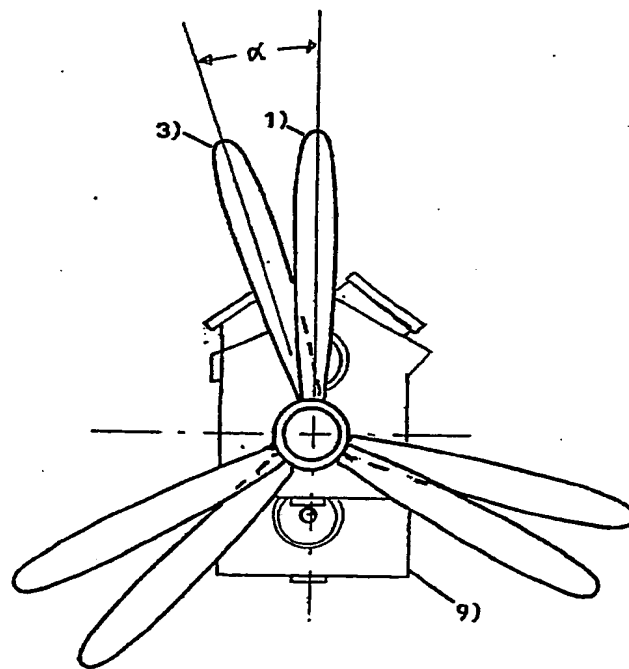
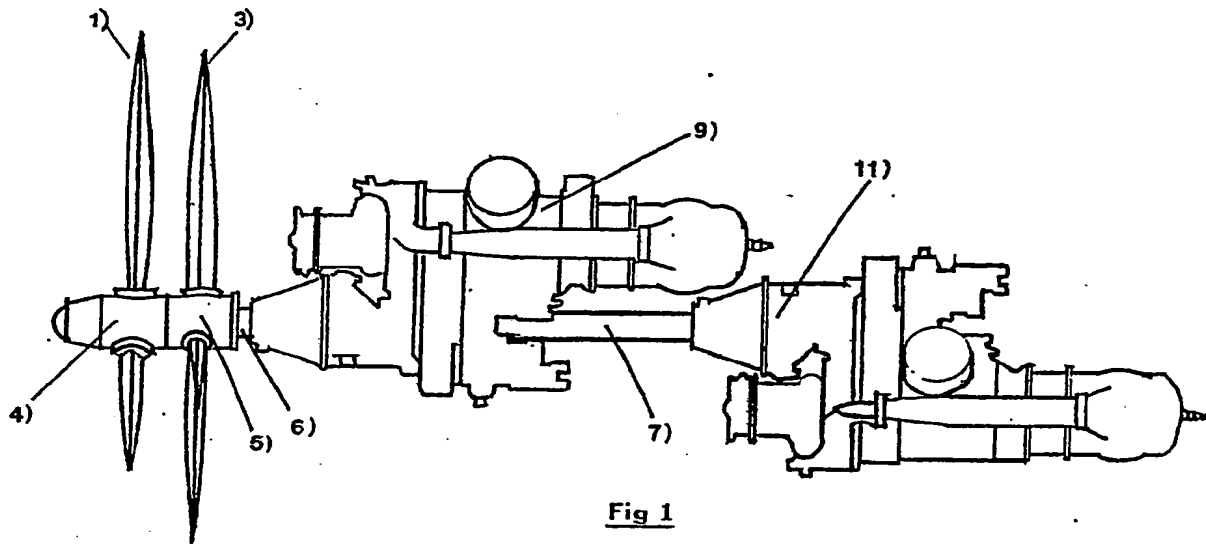
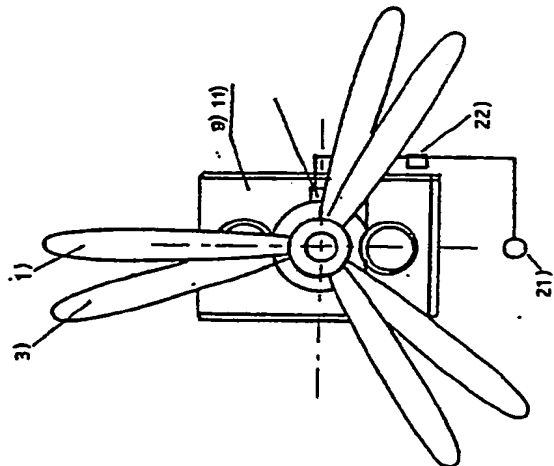
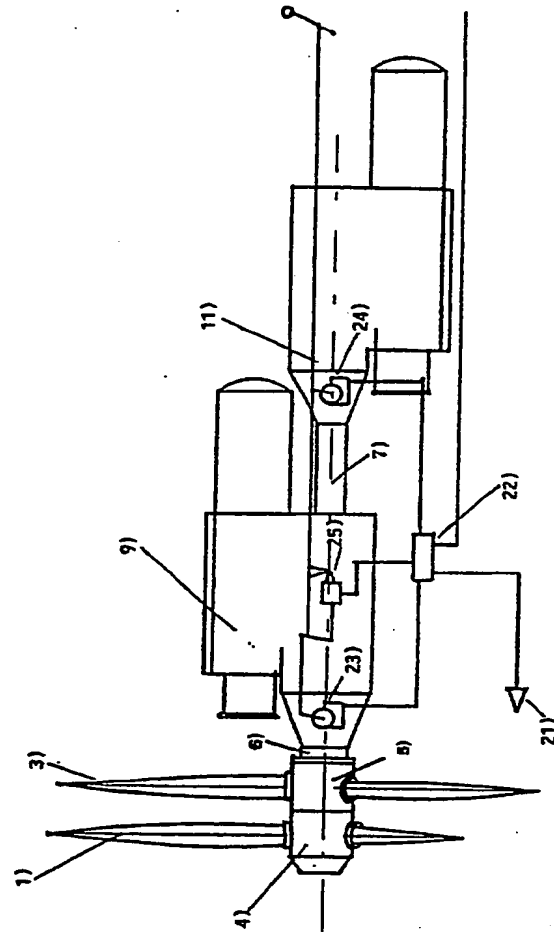
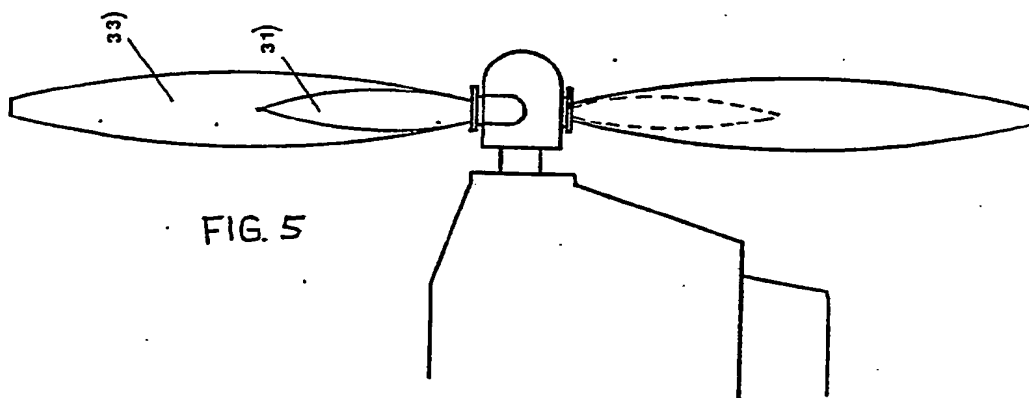
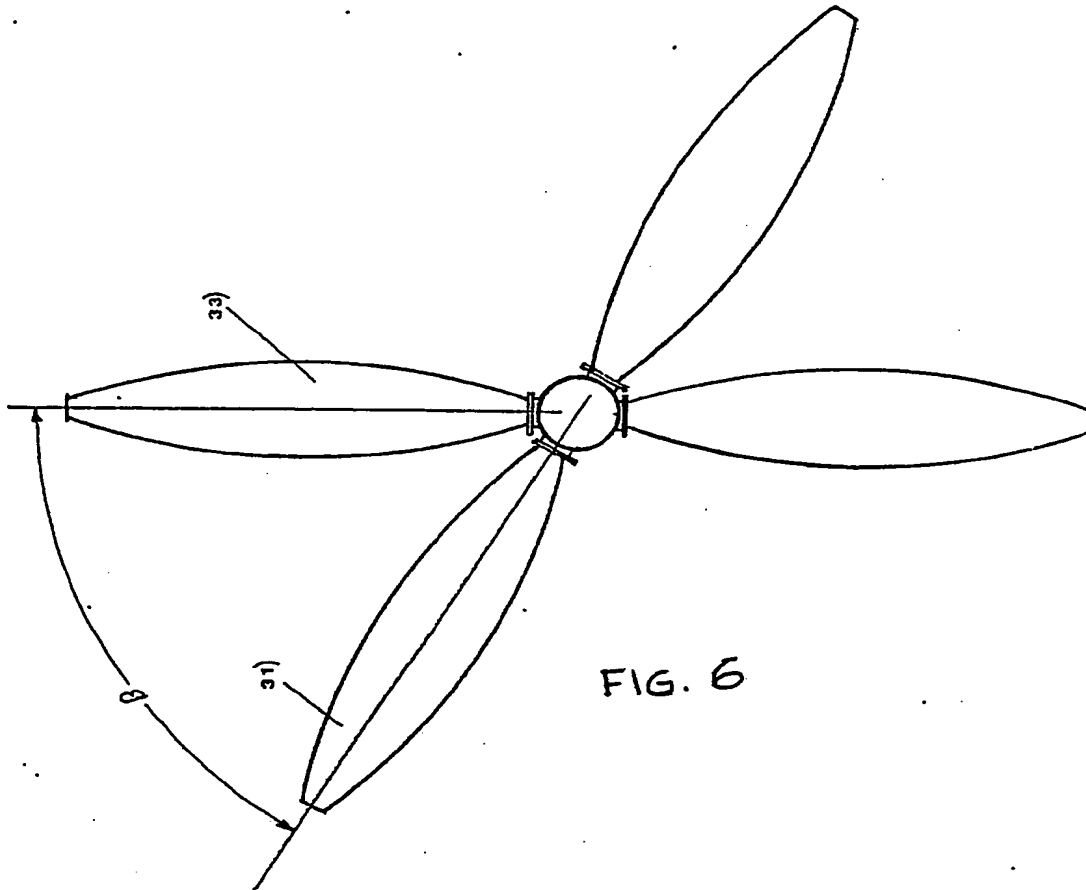


Fig 2







CH 677 844 A5

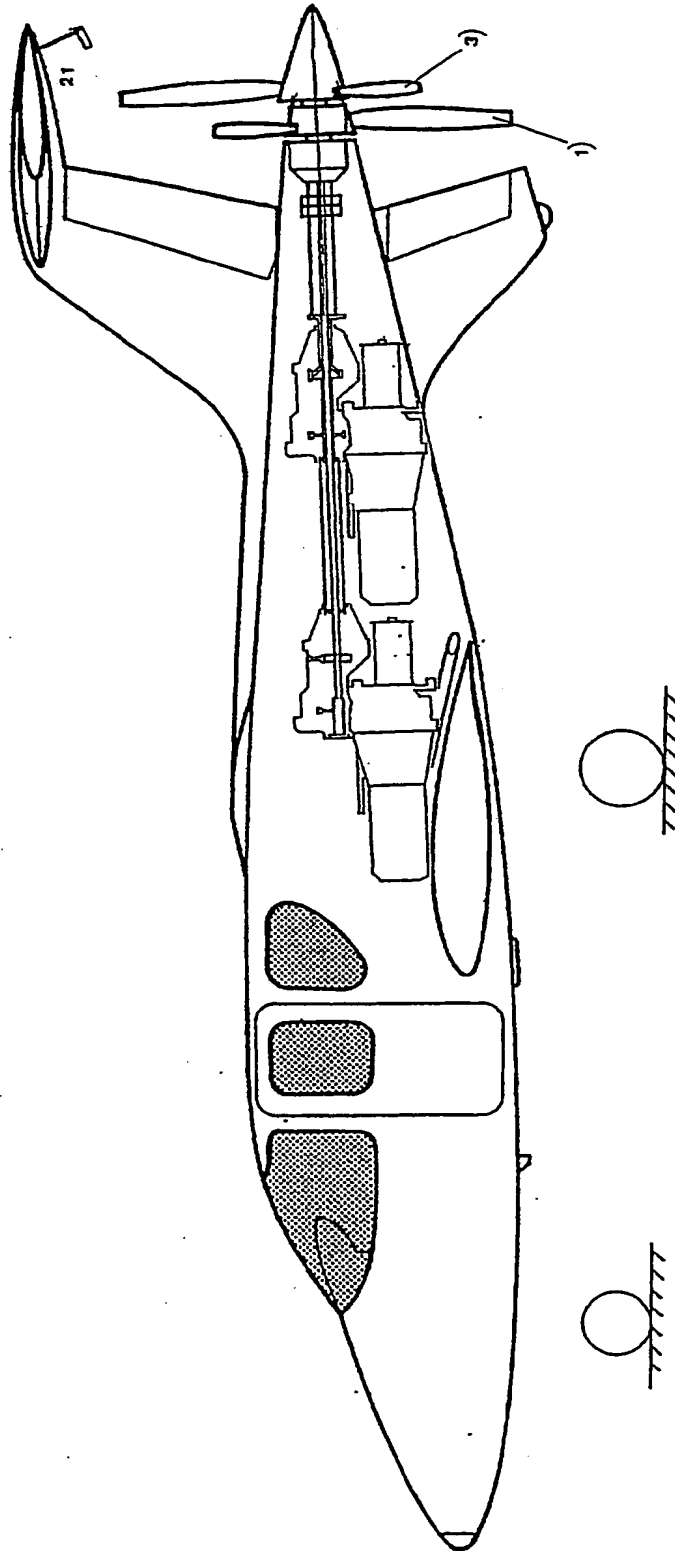


FIG.7

CH 677 844 A5

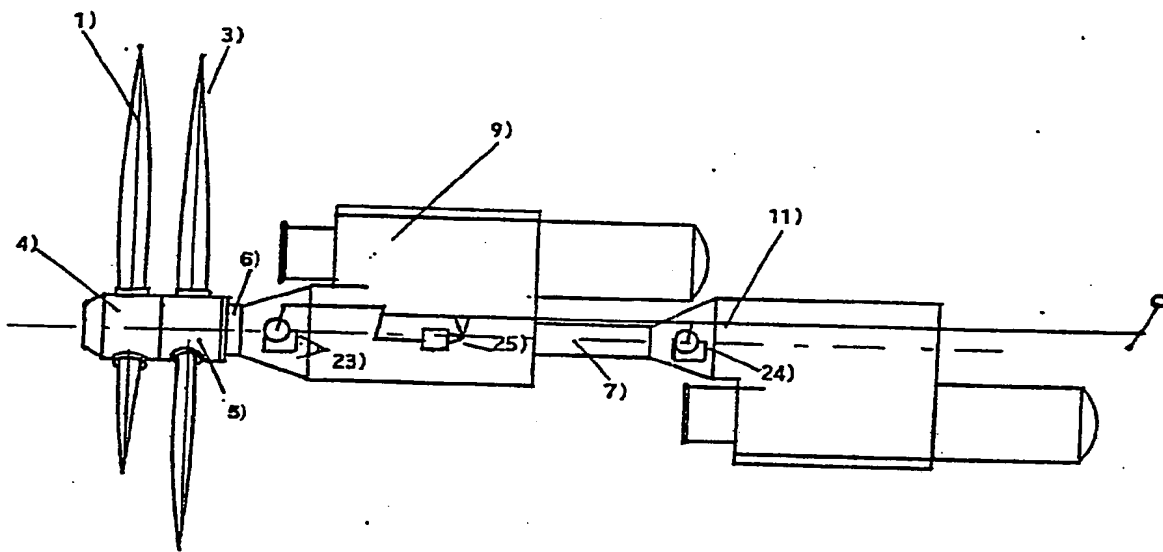


FIG 8